計量ガイド

GWP®
Good Weighing Practice
by METTLER TOLEDO

経験
優れた計量
正しい条件
正確な計量結果

電子天びんを使って
正しく計量するために

METTLER TOLEDO

電子天びんを使って
正しく計量するために

始めに	5
天びんの設置場所	6
天びんの取り扱いと操作	8
物理的影響	12
専門用語	20
GWP® – Good Weighing Practice™	30

始めに

計量作業はラボで最も頻繁に行う作業です。現在では最新型のミクロ、セミミクロ 、分析、精密の各天びんは特殊な計量専用室でなくても完璧な計量作業を実行できるほどになっています。

エレクトロニクス・テクノロジーの進化により、取り扱いが非常に簡単になり、計量時間が大幅に短縮され、天びんを直接生産ラインに組み込むことが出来るほど、その適応性が向上しています。

一方この進化により、周囲環境が及ぼす望ましくない影響に対する注意がややもするとおろそかになりがちです。 ほとんどは物理的な影響であり、ミクロ、セミミクロ、分析天びんが感知でき、無視できないものです。これは実質的な重量変化であり（例、緩慢な蒸発、吸湿）、または被計量物や計量皿に作用する外力（例、磁力、帯電）であるため、天びんが重量変化として感知するものです。

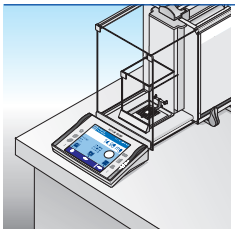
以下に述べた様々なインフォメーションにより、ミクロ、セミミクロ、分析の各天びんを使った計量作業に際して、精度の高い正確な計量結果を得るために注意すべき重要な事柄について明らかにしてあります。

先ず、設置場所及び天びんの正しい取り扱いについて簡単に述べたあと、周囲環境に起因する障害となる影響についてそれぞれ検討してあります。ほとんどの悪影響はゆっくりした重量変化（ドリフト）により分かります。

さらに、天びんの仕様を正しく解釈することが計量結果を正しく判定するうえで非常に重要なことであるため、良く使われる専門用語についても解説してあります。

天びんの設置場所

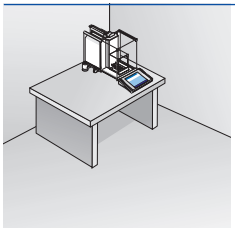
正確な計量結果や繰り返し性は天びんの設置場所と密接な関係があります。お手許の天びんが最良の条件下で作動するよう、以下に述べてある事柄に充分ご注意ください。



計量台

- 安定性（実験デスク、実験台、石製台）
  計量台トップとして堅牢で平坦、作業時にゆがまず出来るだけ振動しないものを選んでください。
- 耐磁性（スチールプレートは不可）
- 帯電防止対策（プラスチック製、ガラス製は不可）
- 単一の固定方法
  計量台は床または壁面のどちらか一方だけに固定するようにします。両方同時に固定すると。壁面及び床面の振動が伝達することになります。
- 天びん専用としてください。

天びん設置場所及び計量台は、人が計量場所に接近した時や計量台に接触、あるいは力をかけた場合に、天びんディスプレイの表示が変化することが無いような、安定したものであることが必要です。ボールペン筆記用の柔らかな下敷きなどを使用することは避けてください。天びんの設置位置としては、デスクやテーブルの脚や支柱などの支持部分直上が振動の発生が一番少ないため最適です。

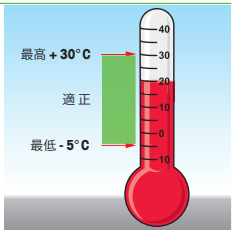


計量作業室

- 振動の無いこと
- 通風の無いこと

計量作業を行う部屋の隅に計量台を置きます。なぜなら通常の場合部屋の隅が建物の振動が一番少ない場所だからです。部屋の出入り口ドアとしては、ドアの開閉動作の影響を抑えるために、スムーズに動作する引き戸が理想的です。

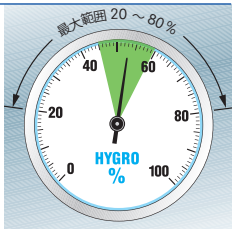
温 度



- 温度変化は計量結果に影響を与えるので、室温はできるだけ一定に保つようにします（代表的ドリフト : 1 ～ 2 ppm/℃）。
- 暖房設備の近くや窓際での計量作業は避けて下さい。

"FACT"（全自動自己調整機能）を備えたメトラー・トレド天びんは、わずかな温度変化が発生してこれによる影響を補正することができます。従って"FACT"のスイッチを常にオンに設定しておきます。

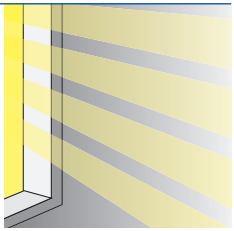
大気湿度



- 相対湿度 (% rH) は 45 ～ 60 % の範囲にあることが理想的です。下限 20 %、上限 80 % はいかなる場合にも超過しないようご注意下さい。

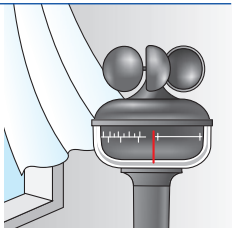
ミクロ天びんでは常に湿度に注意するようお勧めします。湿度変化がある場合は、出来るだけこれを是正するようにします。

光



- 天びんを出来るだけ窓の開口部が無い壁際に置いて下さい。直射日光（加熱）は計量結果に影響を与えます。
- 天びんは照明器具から充分な距離を取って置き、その熱が伝わらないよう注意します。これは白熱灯の場合特に当てはまりますので、蛍光灯をご使用ください。

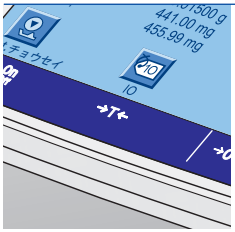
大 気



- 天びんを空調設備、或いはコンピュータや大型ラボ機器の換気ファンによる通風にさらすことは必ず避けて下さい。
- 天びんは暖房機器から充分な距離を取って置くようにして下さい。暖房機器の近くでは、温度ドリフト以外に、空気の強い対流が発生して障害となる恐れがあります。
- 天びんはドアに近くに置かないで下さい。
- 人の出入り、往来が頻繁な場所は避けて下さい。人の行き来は計量場所での通風の原因になります。

天びんの取り扱いと操作

ミクロ、セミミクロ、分析、精密の各天びんは高精度な精密計測機器です。以下に述べてある事柄を守れば、信頼のおける正確な計量結果を得ることができます。



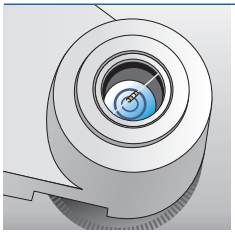
天びんのスイッチを入れる

- 天びんを電源網から切り離さず、常にスイッチを入れた状態にしておきます。これで天びんには熱均衡状態が保たれます。
- 天びんのスイッチを切るには、ディスプレイキーを利用してください（旧型機種では風袋引きキー）。天びんはスタンバイ・モードになります。電子部には通電されている状態ですので、ウォーミングアップが不要となります。

ヒント : 初めて電源網に接続する際は、天びんの種類に応じて異なるウォーミングアップ時間を取るようお勧めします。

- ミクロ天びんでは最高 12 時間
- セミミクロ天びん及び分析天びんでは約 6 時間
- 精密天びんでは約 3 時間

上記の目安とは別に、最終的にはそれぞれの天びん取扱説明書に記されている最小ウォーミングアップ時間を取るようにします。



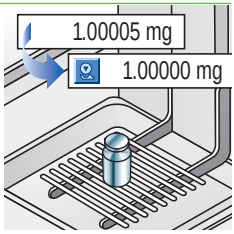
水平調整

- 天びんを水平状態にします。
  このためには、先ず水準器の気泡が真ん中に位置しているかどうか確かめてください。水平調整脚を利用して気泡の位置を調整することができます。水平調整が完了した後、天びんの感度を調整する必要があります。その手順は該当天びんの取扱説明書に述べてあります。

ヒント : GxP [1] の要求を満たすために、天びんの水平調整が常に正確に実行し、さらにこの調整実行過程を記録したい場合は、自動水平調整機能 "LevelControl" が搭載されている Excellence Plus 天びんシリーズをお勧めします。

[1] GxP とは Good Laboratory Practice (GLP) 又は Good Manufacturing Practice (GMP) の意味です。

調 整



- 以下に述べた場合は、天びんの感度を定期的に調整してください。
  - 初めて天びん使用を開始する時
  - 設置場所を変えた時
  - 水平調整を実行した時
  - 大きな温度変化、湿度変化、又は気圧変化があった時

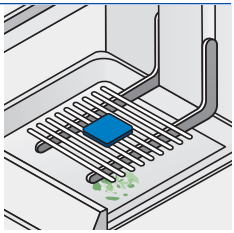
ヒント : 温度変化があった時に全自動で調整したい場合は、"FACT" 機能を備えた天びんを購入する価値があります。この機種では自動的に自己調整を実行します。これにより、定期的にチェックするルーチンワークが不要となります。

読取り

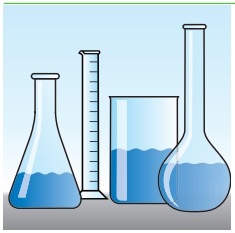
- 各計量作業の前に正確なゼロ点表示を確認してください。ゼロ点のエラーを避けるため、必要に応じてゼロ点を設定し直します。
- 天びんディスプレイの左上に表示される小さな円形が消去されてから計量結果を読み取って下さい。この安定検出装置を介して計量結果がリリースされます。

ヒント : Excellence Plus シリーズはさらに優れた性能をもつ安定検出装置を搭載しています。この天びんは不安定な計量値を**ブルー**で表示します。安定状態になると、ディスプレイは直ちに**黒字**表示に変わり、左上に表示される円形は消去されます。こうして信頼できる計量結果である安定値を確実、迅速に得ることができます。

計量皿



- 計量皿の真ん中に被計量物をのせて下さい。これにより偏置荷重誤差を避けることができます。
- 長い休止時間後（30 分を超えた後）、初回計量現象と呼ばれる現象が発生するのを避けるため、ミクロ天びん、セミミクロ天びんでは計量皿に一旦荷重をかけます。



計量容器

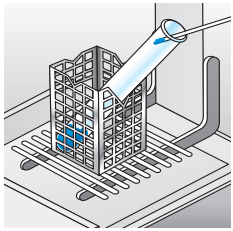
- 出来るだけ小さな計量容器を使用してください。
- 大気の相対湿度が 30 ～ 40 % の場合は、プラスチック製の計量容器を使用することは避けて下さい。この条件下では帯電の恐れが大きくなります。

  ガラスやプラスチックのような非電導体は帯電します。その結果、大幅に誤った計量結果が出ますので、適切な対策を講じます（さらに詳しくは 14 ページの静電気の項をご覧ください）。

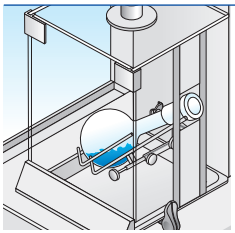
- 計量容器及び被計量物は周囲環境と同じ温度に保ちます。温度差は空気対流の原因となり、誤った計量結果が導かれる恐れがあります（7ページの温度の項をご覧ください）。乾燥オーブン又は自動洗浄機から計量容器を取り出した場合、天びんにのせる前に予め充分にさまして下さい。

- 計量室及び計量容器の温度及び湿度の変化を避けるために、計量容器を手で持って天びん計量室にセットすることは出来るだけ避けて下さい。この変化は計量過程に不利な影響を与える恐れがあります。

計量容器ホルダー "エルゴクリップ・バスケット"



ヒント : 様々な計量容器ホルダーは、障害の無い、確実な量り込みを実現するための最適な前提条件となります（左図参照）。



特殊風袋容器ホルダー "エルゴクリップ・フラスコ" にのせたフラスコと "最小計量ドア"

風 防

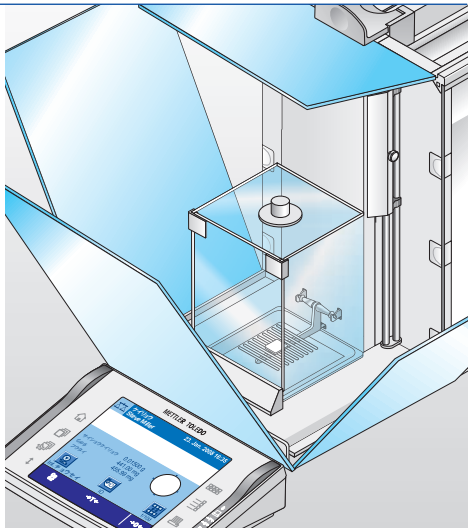
- 風防ドアを必要分だけ開きます。これにより天びん計量室内の状態が一定に保たれ、計量結果に悪影響が及びません。
- Excellence Plus シリーズの天びんのように、自動風防ドアを備え、その作動モードを構成できる天びんでは、風防の開きが最小となるよう構成、設定してください。

ヒント : 難しい条件下で非常に簡単かつ正確に測定したい場合、Excellence 及び Excellence Plus 天びんシリーズ専用のアクセサリーを使用するようお勧めします。量り込み量が微小で、その公差が小さく、周囲環境条件が不利な場合でも、最良の計量結果を得ることができます。メトラー・トレドの特殊風防ドア "最小計量ドア" は計量ブースでの使用を想定した完璧な好例と言えます。一方 "通常" の計量条件でも利点をもたらします。正味表示値の繰り返し性はこれにより 2 ステップほど向上します。

ラミネート加工されたグリッドが特徴である計量皿 "スマートグリッド" を使用すると、4桁の分析天びんにおいて、その風防ドアを計量作業中原則として開いたままにしておけるほど、計量が安定します。

天びんの手入れ

- 風防内部の計量室及び計量皿は清浄に保ってください。
- 計量作業には清浄な計量容器だけを使用してください。
- 手入れには通常の窓ガラスクリーニング剤で充分です。
- クリーニングには毛羽立ちの無い柔らかな布を使用してください。
- ブラシを使用する際、汚れを開口部に掃き入れないよう、充分ご注意ください。
- クリーニング前に、先ず計量皿のような取り外し可能な全ての部品を取り除きます。



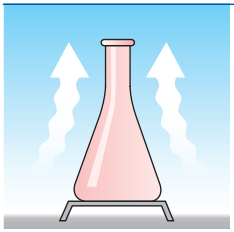
ヒント : Excellence 及び Excellence Plus 分析天びんが備える風防ガラスは、全て個別に取り外して自動洗浄機でクリーニングすることができます。

物理的影響

表示値が安定状態にならない場合、計量結果はゆっくりとある方向にドリフトし、単に誤った値が表示されます。この場合望ましくない物理的影響がその原因です。よくある原因として以下の事柄を挙げることができます。

- 被計量物の影響
- 天びん設置場所の周囲環境条件の影響
- 被計量物の含水量の変化
- 被計量物または計量容器の帯電
- 磁性の被計量物または計量容器

以下の章でこれらの影響について詳しく検討して、その原因について説明し、役立つ対策について述べます。



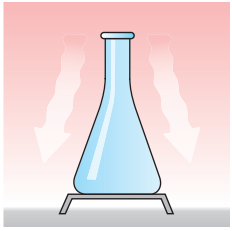
温 度

問題点

ある被計量物の重量値がある方向にドリフトする。

考えられる原因

天びんに電源を接続してから充分な時間が経過していない。



被計量物と周囲環境の温度差により計量容器周囲に空気対流が発生する。容器に沿った対流により上向き又は下向きの力が発生する。このため計量結果は正しい値からずれる。この影響は動浮力と呼ばれます。温度が同じになり熱均衡が保たれるとこの影響はなくなります。従って次の事が言えます。温度の低い被計量物は実際よりも重く、温度が高い被計量物は実際よりも軽く測定されます。この影響は、セミミクロ、ミクロ、ウルトラミクロ天びんによるサンプル処理後質量差測定を実行する際に、問題が発生する原因となります。

例

以下の実験で動的浮力を実際に試して見ることができます。

三角フラスコか類似の容器を計量し、その重量値をメモします。容器を約1分間ほど手で握り続け、その後再び計量します。容器自体の温度が高くなっており、温度差が発生しているので、容器の重量は以前よりも軽く表示されます。（手からの発汗は問題になりません。サンプルはむしろ重くなるはずです）。

対策

- 乾燥器又は冷蔵庫から取り出したばかりのサンプルを計量しない。
- ラボまたは計量室の温度にサンプルを馴らす。
- トングを使ってサンプル容器を持つ。
- 計量室へのサンプルの出し入れを直接手で行わない。
- 容器の開口部が小さなものを選ぶ。

水分吸収 / 蒸発

問題点

被計量物の重量表示値が常に一方へドリフトする。

考えられる原因

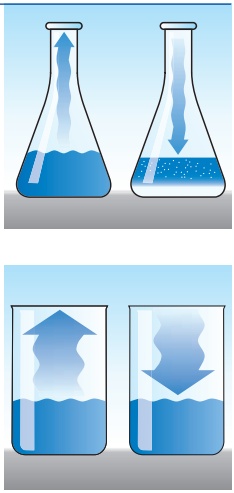
被計量物が、重量が減少する揮発性物質（例、液体蒸発）であるか、又は重量が増加する吸湿性物質（大気からの吸湿）である。

例

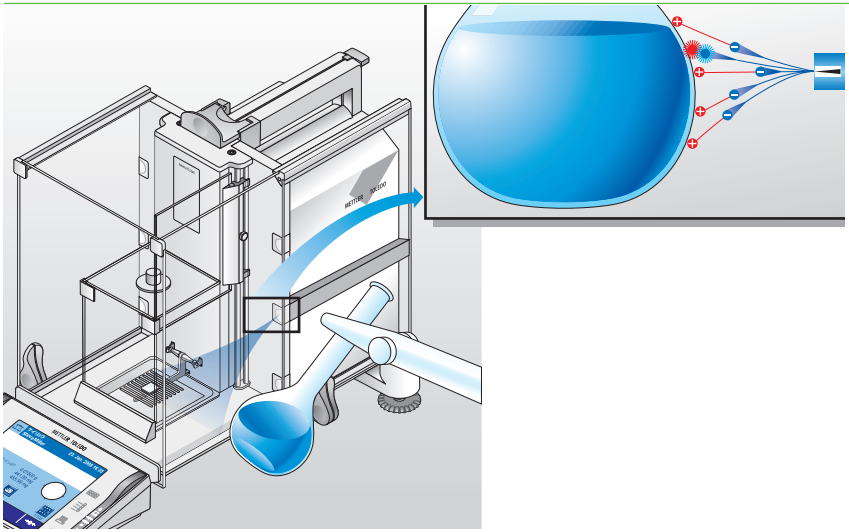
アルコールまたはシリカゲルを用いてこの現象を再現出来ます。

対策

清浄で乾燥した計量容器を使用し、計量プラットフォームには汚れや水滴などの付着が無いように保ちます。開口部の小さい容器を使用することは、容器にフタをすることと同様に役立つ対策です。丸形フラスコにコルク又はダンボール材の下敷きを用いることは避けます。この下敷きは水分を大幅に吸収するか、又は逆に水分を蒸発発散させます。金属製フラスコホルダー、又は Excellence あるいはExcellence Plus 型天びんシリーズ用の "エルゴクリップ" を使用すれば、この現象を避けることができます。



大きな開口部を持つ計量容器では蒸発または凝縮による計量誤差が発生する恐れがあります。



静電気

問題点

計量のたびに異なる結果がでる。重量表示値はドリフトし、繰り返し性がまったく無い。

考えられる原因

計量容器又はサンプルが帯電している。ガラス、プラスチック、粉末、顆粒など電導性の低い素材やサンプルは静電気を放電しないか、または非常にゆっくり（数時間かけて）放電します。帯電は先ず容器またはサンプルの運搬中の接触或いは摩擦により発生します。相対湿度 40 % の乾燥した大気により帯電の恐れが高まります。

計量エラーは、被計量物と周囲環境間の静電作用力が原因で発生します。これは特にミクロ、セミミクロ、分析の各天びんによる計量で発生しやすくなります。

例

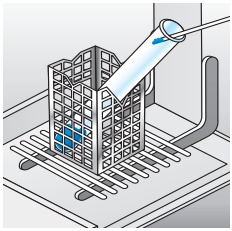
清浄なガラス容器又はプラスチック容器をコットン製の布で軽くこすると、この現象が実にはっきり分かります。

対策

- この問題は、冬季の暖房のきいた部屋で発生しがちです。空調のきいている部屋では該当空調設備の設定状態を調整すると効果があります（湿度 45 ～ 60 %）。
- 静電作用力を遮蔽する
  被計量物を金属製容器に入れます。
- 他の計量容器を使用する。
  プラスチック及びガラスは帯電しやすく、計量容器には不適当です。
  金属製容器のほうが適しています。
- 帯電防止ピストルを利用する。
  但し市販製品はあらゆる状況に効果があるとは限りません。
- メトラー・トレドの帯電防止キットを利用する。

備考 : 天びん及びこれにのせられた計量皿からは常にアースを取ります。全てのメトラー・トレド天びんは三線式の電源ケーブルを介して接続されるので、自動的にアースが取られます。

風袋容器ホルダー
"エルゴクリップ・バスケット"

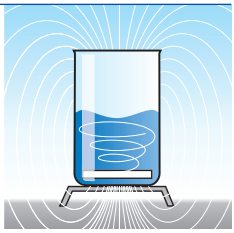


ヒント : 風袋容器ホルダー "エルゴクリップ・バスケット" は適正に放電し、チューブや試験管で発生する上に述べた様な問題点を効果的に防止します。

磁 力

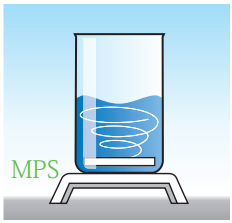
問題点

計量皿にのせられた被計量物がその位置により異なる測定値となる。計量値の繰り返し性が皆無。表示値は安定している。



考えられる原因

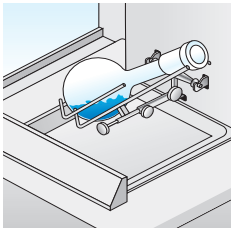
被計量物が磁性物質である。磁性物質及び透磁性物質は相互に吸引し合います。発生作用力は誤って荷重と解釈されます。
鉄（スチール）を素材とした被計量物のほとんどが高い透磁性 (強磁性）を持っています。



対策

被計量物をミューメタル箔の容器に入れるなどして、できるだけ磁力を遮蔽します。距離が広がるにつれ作用力が弱まるので、被計量物を非磁性の下敷きなどを介して天びんから離すことも効果があります（例、ガラスシャーレ、アルミ製スタンド）。床下計量でも同じ効果がもたらされます。この床下計量装置は、メトラー・トレドのミクロ、セミミクロ、分析、精密の各天びんのほとんどに組み込まれています。メトラー・トレドは最初から磁力による悪影響を防ぐために、非磁性素材を優先的に使用しています。

Excellence 及び Excellence Plus シリーズの天びん用の風袋容器ホルダー "エルゴクリップ・フラスコ"



ヒント : 中型、大型の磁石を精密天びんで計量するには、さらに "MPS 計量皿" (Magnetic-Protection-System) を併用するようお勧めします。分析天びんには三角ホルダーを利用することをお勧めします。これにより磁石と計量皿の距離が広がります。Excellence 及び Excellence Plus シリーズの天びんには特別 "エルゴクリップ" を取り揃えてあります。

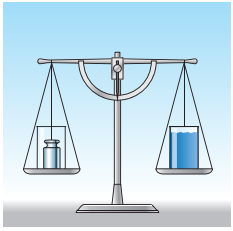
静浮力

作用

被計量物の重量は大気中と真空中で異なる。

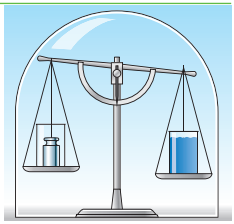
原因 :「ある物体の重量はその物体が押しのけた媒体の重量と等しい」（アルキメデスの原理）。この原理により、なぜ船が浮かび、 風船が浮遊し、被計量物の計量値が大気圧により異なるのか説明できます。

被計量物を取り囲む媒体とは大気のことです。大気の密度は約 1.2 kg/m³ です（気温および気圧によります）。被計量物（固体）に作用する浮力はその体積 1 立方メートル当たり 1.2 kg となります。



例

ビーカ中の基準分銅100 g をさおばかりの片方の計量皿にのせ、もう一方の計量皿に同じビーカーをのせ、さおばかりが均



衡を保つまで水を注ぎ入れます。こうして両方の被計量物は大気中でその重量が計量されたことになります。
続いて天びん全体にガラス製の大型ジャーをかぶせ、中を真空状態にします。すると天びんは水を入れたビーカ側に傾きます。その理由は、水の体積の方が大きいため、それだけ多くの空気を押しのけており、その分大きな浮力を受けていたからです。真空中ではこの浮力が消滅しています。従って真空中では右側の水の重量は 100 g 以上あることになります。

	基準分銅	水
大気中での重量	100 g	100 g
密 度	8000 kg/m³	1000 kg/m³
体 積	12.5 cm³	100 cm³
浮 力	15 mg	120 mg
真空中での重量	100.015 g	100.120 g

対策

天びんの感度は密度 8.0 g/cm³ の基準分銅を用いて調整されます。これとは異なる密度を持つ被計量物が計量されると、大気の浮力によるエラーが発生します。高い相対測定精度が要求される場合は、これに応じて表示値を補正することが望まれます。

サンプル処理後の質量差測定や重量比較測定などのように測定日が異なる場合、気圧、大気の相対湿度、気温をチェックし、以下に示したように大気による浮力を補正します。

被計量物の質量測定手順

$$\rho_a = \frac{0.348444\ p - h(0.00252\ t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

1. 大気密度の算出

ρ	大気密度、kg/m³
P	気圧、hPa (=ミリバール)（測候所気圧を適用）
h	大気相対湿度、%
t	気温、℃

2. 被計量物の質量測定（大気による浮力を補正）

$$m = \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}} W$$

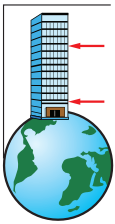
m	質 量
a	大気密度、kg/m^3
ρ	被計量物の密度
c	通常物体密度 (8000 kg/m^3)
W	計量値（天びんディスプレイの表示値）

例

天びん表示値 200.0000 g
気圧 1018 hPa
大気相対湿度 70 %
気温 20 ℃
被計量物密度 2600 kg/m^3

$$\rho_a = \frac{0.348444 \cdot 1018 - 70\,\{0.00252 \cdot 20 - 0.020582\}}{273.15 + 20} = 1.2029 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \frac{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{8000 \text{ kg/m}^3}}{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3}} 200 \text{ g} = 200.0625 \text{ g}$$



重力

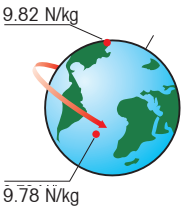
作用

標高が異なると、異なった計量結果となります。計量場所の標高が 10 m 異なると、表示値が変わります（計量場所を建物の１階から4階に変更した場合）。

原因

ある物体の質量測定で天びんは重力、即ち地球と被計量物間の引力（重力）を測定することになります。

この引力は天びん設置場所の緯度と標高（地球中心点からの距離）により異なります。



これには次の事があてはまります。

1. ある物体が地球の中心点から遠ざかるほど、その物体に作用する重力は小さくなります。その減少度合いは距離の二乗に比例します。

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

2. 赤道に近づくにつれて、地球の自転により発生する遠心加速度は強まります。この遠心加速度は引力（重力）に反作用します。南北の極地点が赤道から最も離れている地点であり、同時に地球の中心点に最も近い地点です。ここでは物体に作用する力が最大となります。

例

1 階では正確に 200.00000 g が表示される重量 200 g の分銅は、 4 階（10 m 高い）では次の様な重量変化を示します。

$$200\ \text{g} \frac{r_{\text{Erde}}^2}{(r_{\text{Erde}} + \Delta)^2} = 200\ \text{g} \frac{(6\ 370\ 000\ \text{m})^2}{(6\ 370\ 010\ \text{m})^2} = 199.99937\ \text{g}$$

対策

設置場所を変更するたびに、天びん使用を開始する前にその水平調整を実行し、天びんの調整（校正）を実行します。

ヒント : 内蔵 "FACT"（全自動自己調整機能）を搭載した天びんはこの調整を自動的に実行します。メトラー・トレドの Excellence 及び Excellence Plus シリーズ天びんには " FACT " が標準装備されています。

専門用語

最小表示

天びんの最小表示とは、ディスプレイ上で読み取れる二つの測定値間の最小差のこと。ディジタル・ディスプレイでは最小ディジット・ステップのことであり、分割値とも呼ばれる。

天びん機種に応じた標準最小表示（又は分割値）			
ウルトラミクロ天びん	1d[1] =	0.1µg = 0.0000001 g	7 桁
ミクロ天びん	1d =	1 µg = 0.000001 g	6 桁
セミミクロ天びん	1d =	0.01 mg = 0.00001 g	5 桁
分析天びん	1d =	0.1 mg = 0.0001 g	4 桁
精密天びん	1d = 1 g ～ 1 mg	= 1 g bis 0.001 g	0 ～ 3 桁

[1] 1d = 1 ディジット= 1 表示ステップ

ヒント : "デルタレンジ" 又は“デュアルレンジ”天びんでは 2 つの異なる最小表示を備えています。これにより単一計量範囲の天びんに対しコストパフォーマンスの優れたオプションを備えた天びんと言えます。

正確さ（精度）

測定結果の根拠となる値への近似性の程度を表すもので、この根拠となる値とは、 設定状況または協定方法により真の又は正しい値、或いは期待値となり得る値である。［DIN[1] 55350-13］。

或いは単に、天びんの表示値が被計量物の実際の重量にどこまで近似しているかを表す。

テスト分銅の 精度等級（ 正確さの等級 ）

同じ正確さをもつ異なる分銅の総括的分類のこと。

OIML[2] R111に従った分銅等級の推奨により、分銅等級に該当する公差限界が保持され、素材品質並びに表面品質がこの国際推

[1] DIN ドイツ工業規格
[2] OIML 国際法定計量機関

奨事項に該当することが保証される。**www.oiml.com**

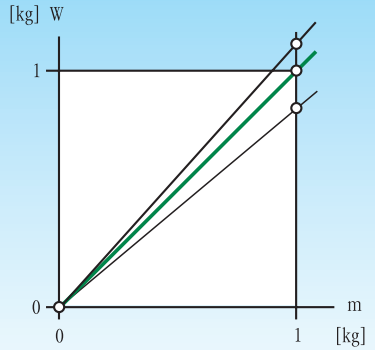
品質管理規則は試験材監視規定では、天びんをある一定間隔でトレーサブルな分銅を用いて校正または調整することを要求している。これには該当精度等級（正確さの等級）の検定済み分銅を使用する必要がある。

感度

機器の出力値変化をこれに帰属する入力値変化で除した値（［VIM］5.10) [1]。
天びんにおいて計量値の変動量 ΔW をこの発生原因である荷重変動量 Δm で除す。

$$S = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

感度は天びんの重要な仕様事項の一つである。天びんの仕様における感度は一般的には定格範囲で測定された全般的な感度（傾斜）と解釈される。



定格範囲 1 kg の天びんを例として表わした、計量値 W と荷重 m 間の感度。真ん中の線は正しい感度（傾斜）を持つ天びん特性線を示す。その上の特性線は傾斜が急峻過ぎ（敏感過ぎる、誇張して表示）、下の特性線は傾斜が小さすぎる（感度が鈍い）。

感度の温度係数

感度は温度により異なる。温度への依存度は、周囲環境における温度変化の影響による計量値の可逆的偏差により測定される。これは感度の温度係数 (TC) により表わされ、重量表示値の（例、量り込みにおける）1 ℃ 当たりの偏差を百分率として表したものに相当する。感度の温度係数は、XP 天びんでは 0.0001 % / ℃ である。これは、1 ℃の温度変化があった場合、感度が 0.0001 %、つまり百万分の一変化することを意味する。

[1] VIM 計量学における基本一般用語の国際用語

温度係数は次式で算出される。

$$TC = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta R}{m}}{\Delta T} = \frac{\Delta R}{m\,\Delta T}$$

公式中の ΔS は感度変化を、ΔT は温度変化を示す。感度変化 ΔS は結果変化 ΔRを天びんの荷重 m で除した値、或いは量り込みによる風袋引き後の値に等しい。これらの数値から、ある温度変化における計量結果の偏差を変形式から導くことができる。

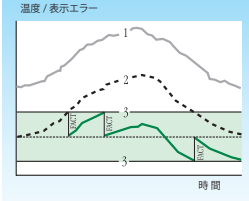
すなわち下記の公式による。

$$\Delta R = (TC\ \Delta T)\ m$$

XP/XS 分析天びんにより 100 g の荷重（量り込み）を計量し、直近の調整（校正）以来ラボ内の天びん周囲環境温度が 5 ℃ 変化しているとすると、計量結果の誤差 ΔR は（XP 天びんの温度係数は 0.0001 % / ℃）最悪の場合次のようになる。

$$\Delta R = (TC\ \Delta T)\ m = (0.0001\ \%/°\mathrm{C} \cdot 5\ °\mathrm{C})\ 100\ \mathrm{g} = 0.5\ \mathrm{mg}$$

これに対し、荷重が 100 mg、即ち千分の一となれば、
最大誤差もそれに応じて減少する。すなわち 0.5 µg となる。



FACT

これは "Fully Automatic Calibration Technology"（全自動調整技術）の略であり、天びん機種により感度を自動的に調整し、天びんの直線性も自己調整する。調整過程は予め設定した温度変化を超過すると実行開始される。

内蔵分銅は工場にて国際質量原器にトレーサブルの分銅を用いて《元調整（元校正）》され組み込まれている。この過程で内蔵分銅の質量は公式検定済み分銅を載荷して測定され、その値が天びんに記憶されている。

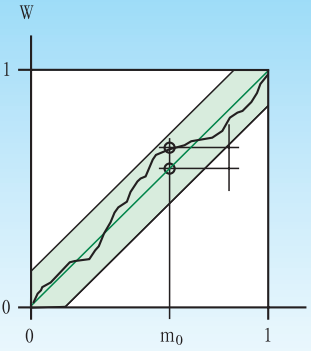
proFACT

これは "Professional Fully Automatic Calibration Technology"（プロフェッショナル全自動調整（校正）技術）の略語。感度を専門的側面に沿って自動調整する。

ヒント : Excellence 及び Excellence Plus セミミクロ、分析の各天びんシリーズは 2 個の分銅を内蔵しています。これにより、調整（校正）時には感度だけで無く、非直線性もチェックされます。

直線性（非直線性）

天びんがもつ特性であり、天びんにのせられた荷重とディスプレイに表示される計量値 W（感度）間の線的相関性を示す。計量特性線としてゼロ点と最大荷重間に直線が想定される（感度の項を参照）。



一方、非直線性は計量値が理想的特性線からプラスまたはマイナス側に偏差するバンド幅を定義する。

直線的に推移する特性線からの偏差はメトラー・トレド Excellence Plus 分析天びん XP205DR では最大ひょう量 200 g までの全範囲にわたり最大 ±0.15 mg です。

繰り返し性

同一の被計量物を同じ方法、条件で繰り返して計量し、同じ計量値を表示する天びん性能のこと（［OIML[1)] R 76 1］T.4.3)。

一連の計量値は、同一の担当者が同一の計量方法で、同一の天びん設置場所において計量皿の同じ位置に荷重をのせ、一定の周囲環境条件の下で中断することなく計量を実行する必要がる。

1) OIML 国際法定計量機関

一連の計量値の標準偏差は繰り返し性を表すために適した値である。

特に高分解能天びんでは繰り返し性の値は、天びん性能だけでなく、被計量物の周囲環境条件（通風、温度変化、振動）及び部分的には計量実施者の経験にも依存する。

次の例は最小表示 0.01 mg のセミミクロ天びんで実行した代表的な計量シリーズである。

x_1 =	27.51467 g	x_6 =	27.51467 g
x_2 =	27.51466 g	x_7 =	27.51467 g
x_3 =	27.51468 g	x_8 =	27.51466 g
x_4 =	27.51466 g	x_9 =	27.51468 g
x_5 =	27.51465 g	x_{10} =	27.51467 g

この計量シリーズの平均値並びに繰り返し性を確定してみる。

平均値 :

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

X_i = 計量シリーズの第 i 番目の結果
N : 測定（計量）回数、通常は 10 回
平均値 X は 27.514667 g

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2}$$

繰り返し性 t の値として標準偏差 s が用いられる。これにより計量シリーズの繰り返し性 s = 0.0095 mg となる。

計量結果の不確かさは繰り返し性の約 2 倍ないし 3 倍
$u \approx 2s \sim 3s$ を示し、真の結果値 x は $x-u < x < x+u$
の間にある。

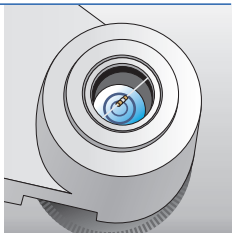
本例では u ≈ 2 s ≈ 2 x 0.01 mg = 0.02 mg となり、計量結果として x ± u = 27.51467 g ± 0.02 mg であるとすることができる。上記の計量シリーズで使用された天びんにより、この荷重の計量値として期待できる最小計量値は 27.51465 g であり、最大値は 27.51469 g であり、この計量シリーズに良く合致する。

トレーサビリティ

明示された不確かさを伴う連続した一連の比較計量を介して国際基準、国家基準に関連付け得る計量結果の特性 ([VIM][1] 6.10)。

質量測定に使用した基準分銅はそれぞれ上位の基準に帰着される。

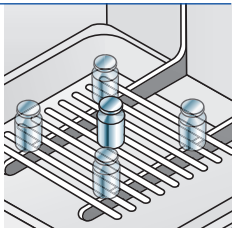
水平調整



天びんをその設置場所の状況に適応させること（原則として水平に置くこと）、即ち天びんの作動軸を垂直に整えること。通常これは天びん筐体を水平に置くことと同義である。
天びん姿勢が正しくないと、計量結果に傾斜角のコサイン分のエラーが発生する。改善策として、全ての天びんは水平調整脚で水平に設置できる可能性を備えている。

ヒント : Excellence Plus 天びんは全自動水平チェックセンサーである "レベルコントロール" 機能を搭載しています。この自動機能は、天びんが水平状態でないと直ちに自動的にメッセージを出し、記録します。これにより計測精度が高められ、計量ブースにおけるエラーリスクを伴う目視による誤りが排除されます。

偏置荷重



偏置荷重の正式な呼び方 : "偏心負荷による誤差（偏置誤差)"

1. 荷重負荷点が中心にない（偏心）ことによって発生する計量誤差（偏置誤差）。偏置荷重誤差は重量が大になり、中心点からの距離が大になるほど増加する。

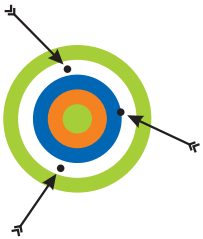
同じ物体を計量皿の異なる位置にのせて計測しても表示値が一定ならば、その天びんは偏置誤差を持たないことになる。このことから、高分解能の天びんでは被計量物を計量皿の真ん中に正確にのせるよう注意を払う必要がある。

[1] VIM 計量学における基本一般用語の国際用語

再現性

同一の被計量物の複数の計量値間の近似性のことで、各計量が下に挙げたような事柄に関し異なる条件（要レポート記録事項）下で実行される。

- 計量方法、過程
- 計量担当者
- 計量装置、機器
- 計量場所
- 使用条件
- 計測日時



正確さ

計量の系統的誤差に関して判定する質的概念。
一連の計量値の期待値（平均値）と被計量物の真の値との合致性 ([ISO[1)] 5725] 3.7)。

備 考

複数の計量値、並びに公式の正しい基準値が揃っている場合に、正確さを判定することができる。

精 度

計測値の分布状態を判定する質的概念。

ある特定の条件下における個別の計量値の合致性の程度([ISO[1)] 5725] 3.12)。
精度とは、偶発的誤差の分布状態に依存するものであり、質量の真の値（正確さ）に依存するものではない。

例

分散度が少ない計量値を出す計測器の性能。

[1)] ISO 国際標準化機構

備考
精度は複数の測定値が存在する場合にのみ判定可能である。

測定の不確かさ

測定結果に付随するパラメータで、合理的に測定量に結びつけることの出来る値の分布状態を表わす ([VIM][1] 3.9)。

このパラメータ、即ち測定の不確かさは原則として標準不確かさ u 又は拡張不確かさ U （信頼範囲）により表わされる。測定の不確かさを決定する方法は GUM [2] に述べられている。
GUM に準拠した測定の不確かさは、誤差自体が相互に影響し合わなければ、この平方の合計値により得ることができる。

備考
測定の不確かさは異なる方法で算出することができる。医薬品分野では基準量測定はほとんど米国薬局方に準拠して測定され、さもなければ測定の不確かさも含めて ISO[3] 17025 の規定に従っている。後者は GUM のものに相当する。

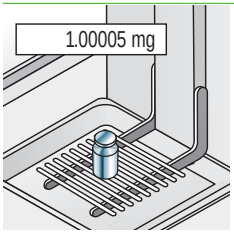
ヒント : メトラー・トレドのサービス部門はほとんどの国々でお客様のご要望に応じて、その現場にて測定の不確かさを算出いたしますので、必要に応じてご遠慮なくお問い合わせください。

最小計量

最小計量では、この値を下回ると過大な相対誤差を含んだ計量結果となることに注意する必要がある。

ヒント : メトラー・トレド天びんの Excellence Plus シリーズでは最良の計量技術を備えています。これにより最も小さい最小計量が実現されています。

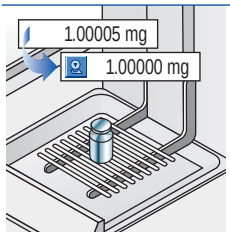
1) VIM 計量学における基本一般用語の国際用語
2) GUM 測定不確かさのガイド　3) ISO 国際標準化機構



校正

予め設定した測定条件における測定値と測定物の真の値との間の誤差を測定すること。

ヒント : メトラー・トレド Excellence 及び Excellence Plus 天びんでは、そのつど誤差をディスプレイに表示するか、または外部のソフトウエア又はプリンタに転送します。



調整

予め設定した測定条件における測定値と測定物の真の値との間における誤差を測定し、続いて誤差の是正を実行すること。

ヒント : メトラー・トレド Excellence 及び Excellence Plus 天びんでは、そのつど誤差をディスプレイに表示するか、または外部のソフトウエア又はプリンタに転送します。ソフトウエアとしてメトラー・トレド Good Weighing Practice™ に従った天びんコントロールセンサーが組み込まれた "LabX balance" をお勧めします (**www.mt.com/GWP**)。

GWP® – Good Weighing Practice™

GWP® 惑星システム

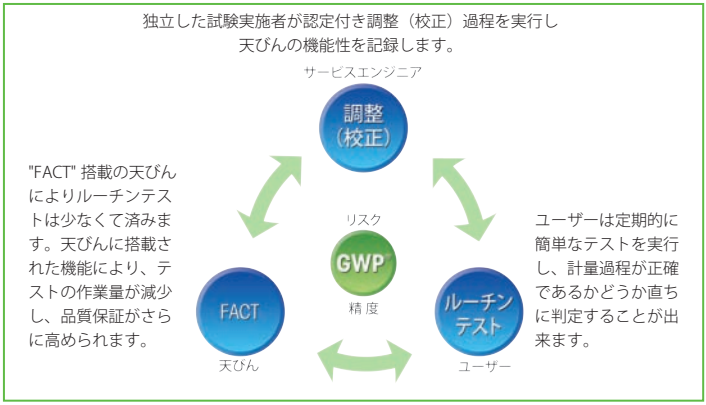
メトラー・トレドは Good Weighing Practice™（ＧＷＰ®）により完璧なソリューションを提供します。これにより、ベストな計量ソリューションの評価と選択、計量システムの使用開始、調整（校正）、さらに日々のルーチン作業などあらゆる重要な場面において、専門家チームによる強力なバックアップがもたらされることになりますので、是非 GWP® をご採用ください。

メトラー・トレドは GWP® により初めて世界的に有効な計量システム・ガイドラインを提供します。このガイドラインに従った GWP® は各ユーザー固有の計量課題に即して最適化された対策パッケージを立ち上げます。弊社で言う最適な対策とはコストパフォーマンスが優れ、信頼できる確かな計量ソリューションのことです。誤差を感知するのが遅いか、或いはまったく感知しない、と言う状況は一切お望みではないでしょう。 お客様の製品が備えるクオリティと安全確実性に関わる事柄であるため、GWP® 即ち Good Weighing Practice™ とはお客様にとって「リスクの無い計量」を意味しています。

GWP® トライアングル

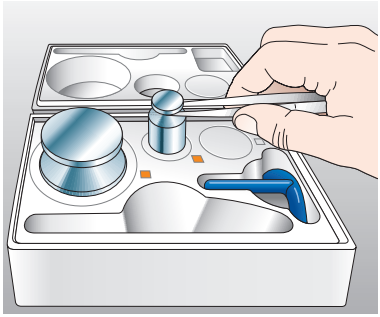
- ルーチンテスト
- 天びんをチェックする方法は ?
- どんなテストをどの位頻繁に行うのか ?
- チェックの作業量を減らすにはどうすれば良いか ?

永年にわたり安定した計量結果が得られるよう、ラボ天びんの優れた作動性能を保証するには、該当資格をもつサービスエンジニアによる定期的な保守作業をお勧めします。このような保守サービスは同時に天びんの寿命を延ばすことにもなります。



ある一定期間で実行する定期的保守サービスの合間に、万一発生する恐れがある計量誤差を直ちに是正するため、ユーザー自ら検定済み外部分銅で天びんをチェックすることが大切です。

ヒント : このルーチンテストに適したテスト分銅を使用します。メトラー・トレドが提供する "CarePac" 分銅セットによりユーザーの皆様はテストを簡単に実行することができます。GWP® ガイドラインに対応したこの分銅セットには、どの天びん機種にも適合する正しい分銅、テスト公差、計量用トング、手袋、テスト方法ガイドが含まれています。



"CarePac" 分銅セットにより天びんの正しい作動性が常に確保されます。

Good Weighing Practice™ についてさらに詳しくは **www.mt.com/GWP** をご覧ください。

F

FACT 22

G

GWP® (Good Weighing Practice™) 30

P

proFACT 23

お

温 度 7, 12

か

感度 21

感度の温度係数 21

き

気湿 7

く

繰り返し性 23

け

計量作業室 6

計量皿 9

計量台 6

計量容器 10

こ

校正 28

さ

再現性 26

最小計量 27

最小表示 20

し

磁 性 15

重 力 18

蒸 発 13

す
スイッチを入れる 8
水分吸収 / 蒸発 13
水平調整 8, 25

せ
正確さ 20
正確さ 26
静電気 14
精度 26
静浮力 16

そ
測定の不確かさ 27

た
大気 7

ち
直線性（非直線性） 23

て
テスト分銅の精度等級（正確さの等級） 20
天びんの手入れ 11

と
トレーサビリティ 25

に
日射 7

ふ
風防 10

へ
偏置荷重 25

よ
読取り 9

Mettler-Toledo AG,
Laboratory & Weighing Technologies
CH-8606 Greifensee, Switzerland
Phone +41-44-944 22 11, Fax +41-44-944 30 60
Internet: http://www.mt.com

AT **Mettler-Toledo GmbH.,** A-1230 Wien
AU **Mettler-Toledo Ltd.,** Port Melbourne, Victoria 3207
BE **N.V. Mettler-Toledo S.A.,** B-1932 Zaventem
BR **Mettler-Toledo Ltda.,** 06455-000 Barueri/São Paulo
CA **Mettler-Toledo Inc.,** Ontario, Canada
CH **Mettler-Toledo (Schweiz) GmbH,** CH-8606 Greifensee
CN **Mettler-Toledo (Shanghai) Co., Ltd.,** Shanghai 200233
CZ **Mettler-Toledo, s.r.o.,** CZ-10000 Prague 10
DE **Mettler-Toledo GmbH,** D-35396 Giessen
DK **Mettler-Toledo A/S,** DK-2600 Glostrup
ES **Mettler-Toledo S.A.E.,** E-08908 Barcelona
FR **Mettler-Toledo S.A.,** F-78222 Viroflay
HK **Mettler-Toledo (HK) Ltd.,** Kowloon
HR **Mettler-Toledo, d.o.o.,** HR-10000 Zagreb
HU **Mettler-Toledo, Kft,** H-1139 Budapest
IN **Mettler-Toledo India Pvt Ltd,** Mumbai 400 072
IT **Mettler-Toledo S.p.A.,** I-20026 Novate Milanese
JP **Mettler-Toledo K.K.,** Tokyo 143
KR **Mettler-Toledo (Korea) Ltd.,** Seoul 137-130
KZ **Mettler-Toledo Central Asia,** 480009 Almaty
MX **Mettler-Toledo S.A. de C.V.,** México C.P. 06430
MY **Mettler-Toledo (M) Sdn. Bhd.,** 40150 Selangor
MY **Mettler-Toledo (S.E.A.),** 40150 Selangor
NL **Mettler-Toledo B.V.,** NL-4004 JK Tiel

NO **Mettler-Toledo A/S,** N-1008 Oslo

PL **Mettler-Toledo, Sp. z o.o.,** PL-02-822 Warszawa

RU **Mettler-Toledo Vostok ZAO,** 101000 Moscow

SE **Mettler-Toledo AB,** S-12030 Stockholm

SG **Mettler-Toledo (S) Pte. Ltd.,** Singapore 139959

SI **Mettler-Toledo, d.o.o.,** SI-1236 Trzin

SK **Mettler-Toledo,** SK-83103 Bratislava

TH **Mettler-Toledo (Thailand) Ltd.,** Bangkok 10320

TW **Mettler-Toledo Pac Rim AG,** Taipei, 114

UK **Mettler-Toledo Ltd.,** Leicester, LE4 1AW

US **Mettler-Toledo, Inc.,** Columbus, OH 43240

上記以外の国については下記にお問い合わせください。

Mettler-Toledo AG
PO Box VI-400, CH-8606 Greifensee, Switzerland
Phone +41-44-944 22 11, Fax +41-44-944 31 70

www.mt.com

詳しい案内情報サイト

Mettler-Toledo AG
Laboratory & Weighing Technologies
CH-8606 Greifensee, Switzerland

仕様等を予告無く変更することがあります。
© 04/2008 Mettler-Toledo AG
Printed in Switzerland 720911